

TRHÁNÍ FOREM U BENTONITOVÝCH FORMOVACÍCH SMĚSÍ

TEARING OF MOULDS BY GREEN- SANDS

A. NEUDERT¹

ABSTRAKT: Trhání forem při vyjímání modelů je obvykle u nízkých tvarů způsobeno prohýbáním modelové desky. U vysokých a rozměrných vytahovaných částí formy je trhání obvykle způsobeno naklápěním formovacího rámu v první fázi vytahování modelu. V práci jsou popsány nejčastější příčiny prohýbání modelové desky a naklápění rámu. Při měření úhlu klopení jsou obvykle dosahovány hodnoty do 30°. Hodnoty se zvyšují při vyšší spěchovatelnosti, při vyšším obsahu bentonitu a při přidavku škrobů do formovací směsi. V praxi můžeme počítat s odolností formovací směsi do 15° naklopení formy, maximální přípustná nerovnost je asi do 2 mm.

ABSTRACT: Tearing of moulds by pattern taking off, in molding process, is usually caused by low shapes by sagging of pattern plate. By high and very big getting out parts of molds is tearing usually caused by flask tilting in the first phase of pattern pulling out. There, in this paper, are described the mostly reasons of sagging of pattern plates and tilting of frames. By the measurement of tipping angle are usually achieved values till angle of 30 minutes. The values are increasing by higher compactibility, by higher bentonite content and by adding of starch to sand mixture. We can count in praxis by endurance of sand mixture till tipping angle of 15 minutes by tilting of flask, maximal acceptable out-of-flatness on the connecting areas of frames is up to 2 mm.

KLÍČOVÁ SLOVA: bentonitová formovací směs, trhání forem, úhel klopení

KEY WORDS: green-sand, tearing of moulds, tipping angle

ÚVOD

Trhání forem je jednou z častých vad při jejich výrobě. Vznik této vady formy je dán kombinací nepříznivých vlivů od vlastností formovací směsi, od modelového zařízení a od formovacího stroje. Formovací směs je při vytahování modelu namáhána na tah. Pokud ale nejsou formovací stroj a modelové zařízení zcela v pořádku, tak dochází i k namáhání na ohyb nebo na stříh. Do určité míry může formovací směs svými vlastnostmi pomoci i při malých nedostacích modelu nebo formovacího stroje.

Pevnostními vlastnostmi formovacích směsí se zabývá řada publikací, bylo také vyvinuto několik metod jejich měření. Teoreticky by nejvěrohodnější výsledky měly být při měření pevnosti v tahu. Zkušební tělísko ve tvaru číslíce 8 (na které je většina pevnostních přístrojů konstruována) se ale nehodí pro jednotné bentonitové směsi, protože namáhaný průřez je příliš malý a i několik mm velká „cizí“ částice (například zbytek jádra) značně zkreslí naměřenou hodnotu. Měření pevnosti v tahu na tělísku o průměru alespoň 50 mm bylo mnohokrát úspěšně vyzkoušeno, ale bohužel se žádnou z navržených metod nepodařilo zavést do všeobecné praxe.

Ze zpracovaného přehledu parametrů jednotlivých směsí v českých a slovenských slévárnách [1] vyplývá, že naprostá většina sléváren měří z pevnostních vlastností pouze vaznost (pevnost v tlaku) a pevnost ve štěpu. Potěšující je, že počet sléváren, které pravidelně měří pevnost ve štěpu, značně

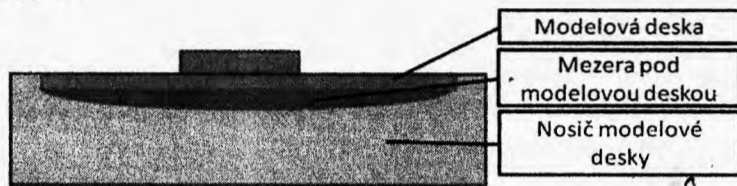
¹ Ing. Alois Neudert, PhD. – ASHLAND-SÜDCHEMIE-CZ S.R.O.

vzrostl. Tato pevnost totiž lépe vystihuje vlastnosti důležité právě při vyjímání modelů než tradiční pevnost v tlaku - vaznost. Poměr štep / vaznost by měl být vždy nad 0,17. Tento parametr je dobrým indikátorem kvality mísení a z toho vyplývající houževnatosti formovací směsi.

MECHANICKÉ PŘÍČINY TRHÁNÍ FOREM

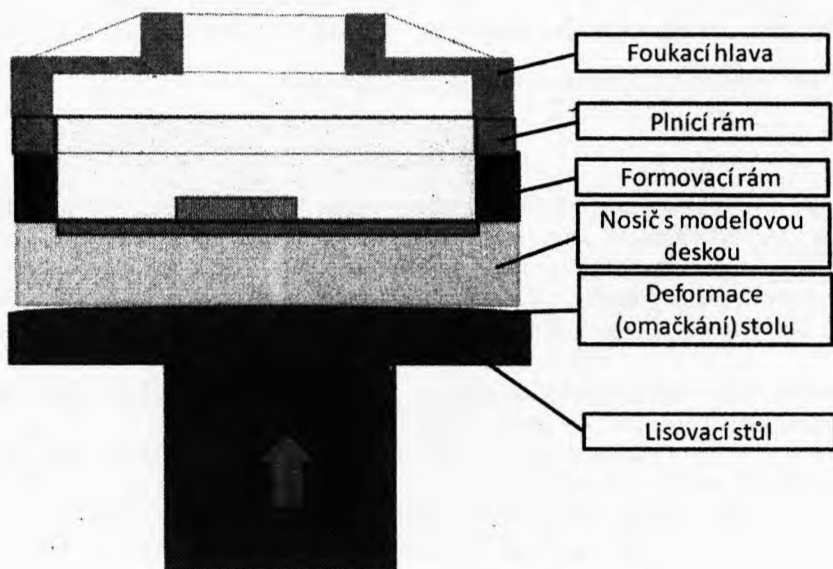
Jak už bylo uvedeno, tak forma může být namáhána ne jen na tah, ale i na stříh nebo na ohyb. Možných mechanismů je hodně a některé z nich jsou obtížně sledovatelné, a proto občas unikají pozornosti. Výsledkem pak je požadavek na zvednutí houževnatosti formovací směsi, aby se snížilo trhání forem – místo toho, aby se odstranila příčina.

Jednou z příčin vzniku stříhového a následně nesouměrného tahového až ohybového namáhání, může být prohnutí modelové desky během lisování. Například díky mezeře mezi modelovou deskou a jejím nosičem. **Obr. 1.**



Obr. 1 - Prohýbání modelové desky

Tato příčina je dostatečně známá, ale v praxi se lze setkat i s prohýbáním celého nosiče modelové desky. Toto může nastat u formovacích strojů, které pracují na principu impulzu. Pro utěsnění prostoru je rám shora po obvodě značnou silou opřen o foukací hlavu. Pokud je lisovací stůl po obvodě omačkán, tak může dojít působením síly od hydrauliky k prohnutí celého nosiče modelové desky. **Obr. 2.**



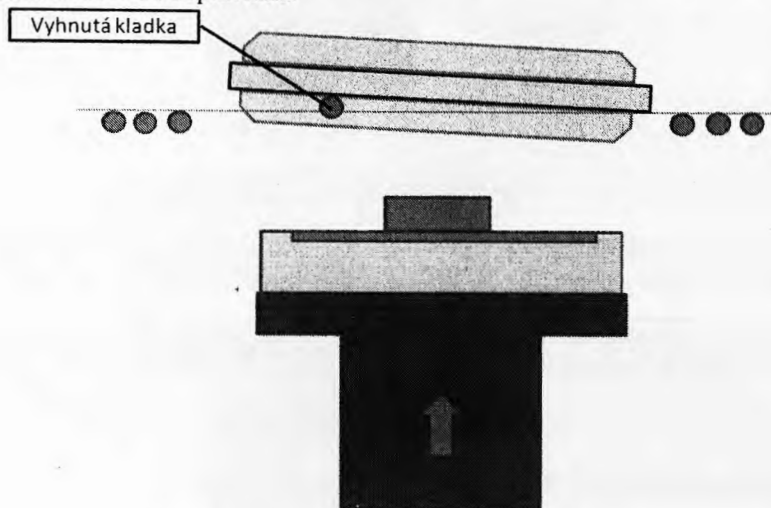
Obr. 2 - Prohnutí nosiče modelové desky

Po ukončení lisování nebo až při vyjímání modelu se deska vrátí do původní polohy. Tento pohyb je doprovázen posunem a deformací v povrchové vrstvě lince formy. Pokud tam jsou nízké a úzké výstupky, například předformované mělké úzké drážky nebo otvory, tak může dojít k jejich narušení. Příčinou pravděpodobně není jen pouhý stříh, protože, jak vyplývá z geometrie, tak se jedná o posun v mikrometrech. Pravděpodobnější bude kombinace s nerovnoměrným tahovým namáháním díky

zvýšenému tření na jedné straně výstupku. Může dojít i k utržení hrany formy - obvykle u nízkých částí modelu.

Příčinou trhání širokých a vysokých částí formy bývá nejčastěji naklopení rámu během první fáze vyjímání modelu. Toto nežádoucí naklopení vznikne, když rám po dokončení formování, při poklesu do vyjímací pozice, nedosedne zcela rovnoměrně na dopravní kladky. Jedna strana rámu se dotkne roviny kladek dříve než druhá a tím dojde k nesouměrnému pohybu – ke klopení. U klasických jednotkových formovacích strojů nastane stejný problém, pokud kolíky, které nadzvedávají rám při vyjímání modelu, nejsou seřizeny na stejnou výšku.

Na obrázcích 3 až 6 jsou znázorněny nejčastější příčiny tohoto nežádoucího jevu. **Obr. 3** ukazuje stav při deformované kladce na dopravníku.



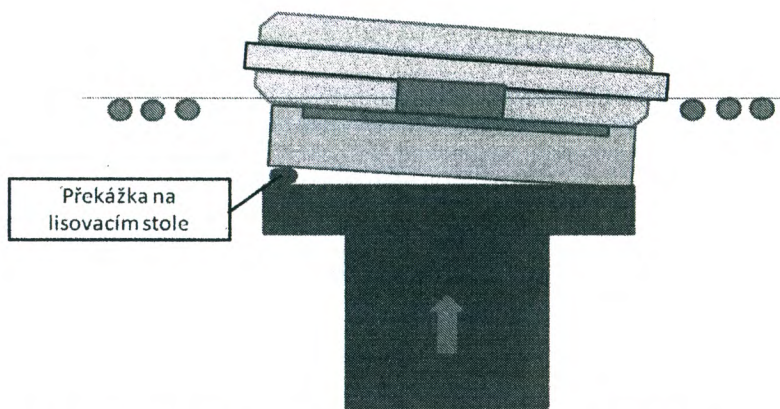
Obr. 3 - Deformace na dopravníku rámu

Pro eliminaci této příčiny je třeba pravidelně kontrolovat a seřizovat rovinnost kladek dopravníku rámu. Na **Obr. 4** je stejný stav zapříčiněn překážkou na lisovacím stole – například hrouda formovací směsi. Jako prevenci je třeba provádět pravidelnou údržbu stíracích lišt, které čistí lisovací stůl.

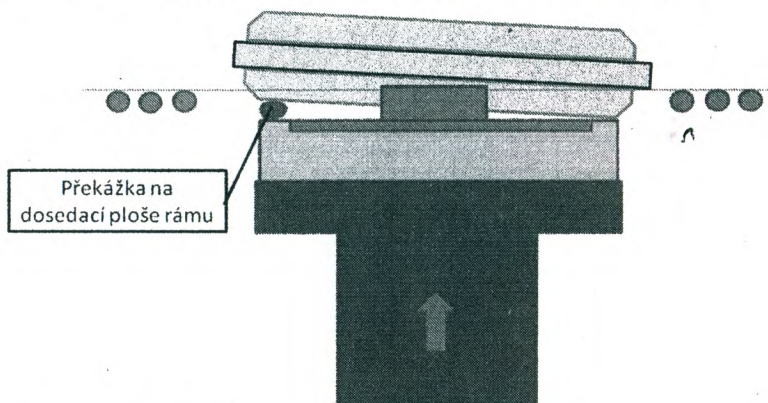
Stejný efekt vznikne, pokud bude překážka na dosedací ploše rámu – **Obr. 5**. Prevence opět spočívá v dokonalém čištění rámu a dosedacích ploch před každým položením rámu na nosič modelové desky a hlavně musíme zabránit padání zbytků formovací směsi na modelovou desku.

Po určité době provozu dochází k omačkání plochy na lisovacím stole. Pokud stůl není rovný, tak nosič modelové desky i s rámem mohou mít pokaždé jinou polohu a výsledkem pak je občasné trhání forem bez zjevné příčiny. Extrémní pozice dosednutí na nerovný lisovací stůl je znázorněna na **Obr. 6**.

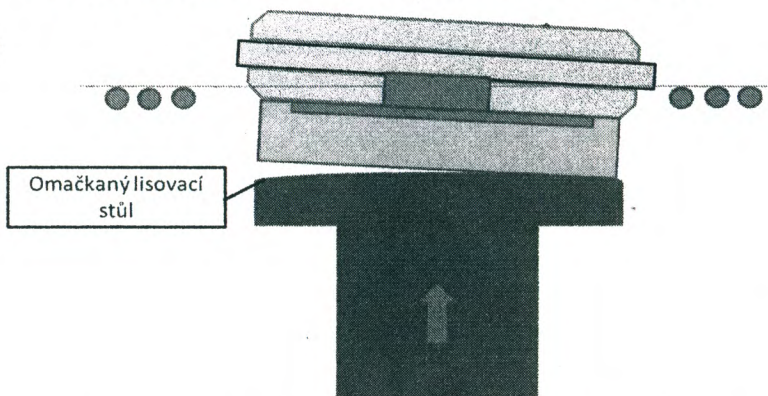
Popsané naklopení formovacího rámu v první fázi vytahování modelu způsobí odlomení zvláště vysokých vystupujících tvarů formy. U vršků formy dojde často k tomu, že se sice tato část formy vytáhne z modelu, ale je natolik narušená, že upadne vlastní vahou až po otočení rámu.



Obr. 4 - Naklonění rámu díky překážce na lisovacím stole



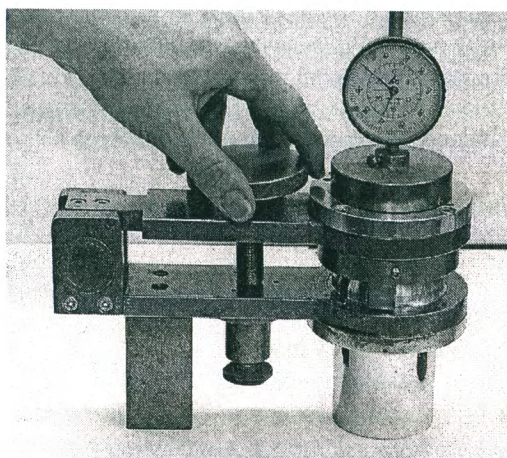
Obr. 5 - Naklonění rámu způsobené překážkou pod rámem



Obr. 6 - Nerovnosti na lisovacím stole způsobené opotřebením

ODOLNOST FORMOVACÍ SMĚSI PROTI TRHÁNÍ FOREM

Formovací směs musí mít správné složení, optimální teplotu, musí být správně navlhčena a hlavně musí být dobře umísena. Naše firma vyvinula zařízení na měření odolnosti formovací směsi vůči výše popsanému naklápění formy. Měřená vlastnost se nazývá úhel klopení. Na **Obr. 7** je celkový pohled při měření.

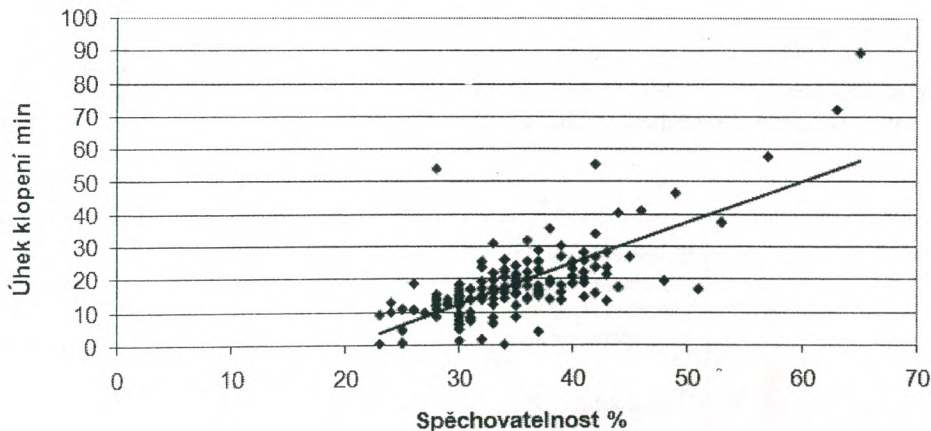


Obr. 7 - Měření úhlu klopení

Principem je pýchovací trubice dělená v polovině výšky zkušebního válečku. Obě poloviny jsou spojeny přes otočný kloub, který umožní jejich vzájemné odklápění pomocí šroubu. Ve spodní polovině na Obr. 7 je předformována drážka pro pevnou fixaci zkušebního tělíska. Do horní poloviny je na čelo zkušebního tělíska upevněn hloubkoměr, který měří o kolik se při naklápění podaří vytáhnout horní polovinu zkušebního tělíska z pýchovací trubice. Až dojde k porušení, tak se posun tělíska zastaví a z údaje hloubkoměru a z ramene otáčení se určí zmíněný úhel klopení.

Naše laboratoř provedla desítky měření na směsích od zákazníků. Jejich výsledky jsou na Obr. 8.

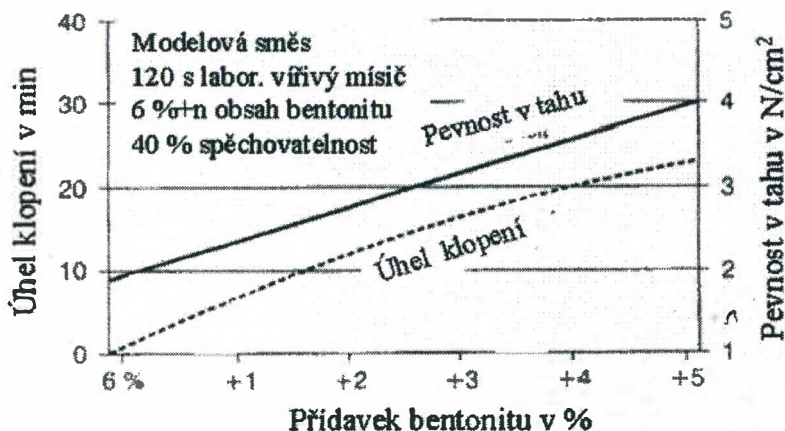
Hodnoty naměřené v Geko Service Labor



Obr. 8 - Naměřené hodnoty úhlu klopení

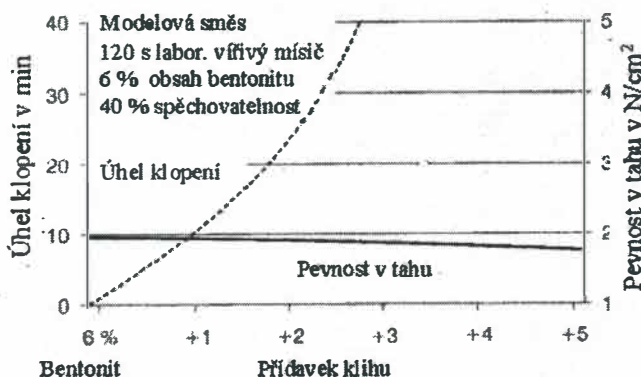
Z dosahovaných hodnot je zřejmé, že v oblastech mezi 30 a 40 % spěchovatelnosti, jsou dosahovány hodnoty úhlu klopení 10, až 30 min. Důležitý je také poznatek, že se vzrůstající spěchovatelností se zvyšuje i úhel klopení. V diagramu na Obr. 8 jsou uvedeny veškeré u nás naměřené hodnoty, včetně měření po přemíslení v laboratorním mísiči, včetně hodnot ze sléváren používajících bentonit s přísadou Amylon apod. Hodnoty naměřené na směsích z českých sléváren bez přísadky Amylonu byly v rozmezí 9, až 17 min.

Na Obr. 9 [1] je závislost úhlu klopení a pevnosti v tahu u modelových směsí s různým obsahem bentonitu.



Obr. 9 - Závislost úhlu klopení na obsahu bentonitu

Hodnoty jsou měřeny při 40 % spěchovatelnosti. Zvýšením obsahu bentonitu tedy lze zvednout úhel klopení. Podstatnějšího zvýšení úhlu klopení je možné dosáhnout přídavkem organických klišů (například Amylonu nebo dextrinu). Hodnoty naměřené na modelové směsi se 6 % bentonitu, 40 % spěchovatelnosti a různém přídavku klišu jsou na Obr. 10 [1].



Obr. 10 Vliv přídavku organických klišů na úhel klopení

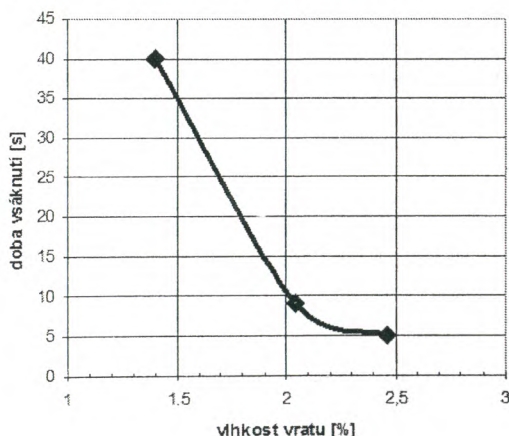
V praxi ale nemůžeme na automatické formovací lince použít více jak 1 % těchto látek ve formovací směsi, protože pak má směs řadu jiných nevyhovujících vlastností. Obvyklý přírůstek těchto látek při oživování jednotných směsí je 1 až 6 % ve směsném bentonitu. Tak malé množství většinou nelze automatizovaně přidávat jako samostatnou složku do mísiče, proto je téměř vždy využívána možnost jejího přimísení k bentonitu přímo u výrobce.

Z naměřených hodnot na **Obr. 8** až **10** vyplývají možnosti formovací směsi odolát poškození při naklopení rámu během vyjímání modelu. Bez přírůstku škrobových látek lze počítat s hodnotami úhlu klopení kolem 15 min. S přírůstkem škrobových látek do 25 min.

Pokud už dojde k trhání forem, je v praxi z hlediska složení jednotné formovací směsi jediná okamžitá možnost zlepšení – pracovat na horní mezi spěchovatelnosti (přidat vodu). Všechny další možnosti navýšení přípustného úhlu klopení pomocí zvednutí obsahu bentonitu nebo škrobu jsou opatření dlouhodobá – nelze je aplikovat ihned v celém rozsahu. Složení jednotné formovací směsi s výjimkou vlhkosti totiž neumíme spolehlivě skokově změnit. Vždy se bude jednat o proces, který bude probíhat během několika oběhů formovací směsi.

Velmi důležitá je i kvalita mísení, protože z praxe víme, že špatně umísená směs je křehká – tedy bude jistě dosahovat nižších hodnot úhlu klopení. Z tohoto pohledu nemá příliš smysl posílat směs do naší laboratoře, aby se zjistila hodnota jejího úhlu klopení. Několik dní „odležení“ směsi i v dobře uzavřeném obalu totiž naprosto změní její vlastnosti. Podstatné tedy je sledovat a udržovat technický stav mísiče v dokonalém stavu a hlavně nezkracovat doby mísení.

V literatuře [2] je zmíněn ještě jeden velmi významný parametr přípravy, a to vlhkost vratné směsi před vstupem do mísiče. Pokusem popsáním v [2] byly zjištěny doby potřebné ke vsáknutí stejného množství vody do formovací směsi obvyklého složení při vlhkostech 1,4 až 2,46 %. Když si naměřené hodnoty vyneseme do grafu, získáme diagram na **Obr. 11**.



Obr. 11 - Závislost doby vsakování vody na vlhkosti vratu

Ze zjištěných dob vsakování vyplývá, že zvednutím vlhkosti vratu z původních 1,4 % o 1 % zkrátíme dobu vsakování osmkrát, tedy rychlost vnikání vody do bentonitu se zvýší o 800 %. To také znamená, že se ve skutečnosti prodlouží aktivní doba mísení za mokra. Stejný efekt nemůžeme žádným dostupným opatřením dosáhnout. Prodloužení doby mísení za mokra na několiknásobek je technicky nemožné. Důvodem je jednak snížení výkonu mísiče – nedostatek směsi pro formovací linku, ale také zahřívání směsi, ke kterému by při extrémním prodloužení doby mísení docházelo. Efekt vstupní vlhkosti vratné směsi je významný hlavně u moderních vířivých a kyvadlových mísičů, kde celková doba mísení bývá 90 až 180 s, tedy podstatně kratší než u kolových mísičů.

Z **Obr. 11** je dále zřejmé, že zvyšování vstupní vlhkosti vratu má největší efekt zhruba do 2 % vlhkosti. Při vlhkostech nad 2 % už je dosažený účinek menší. Z našich servisních zkušeností vyplývá, že zvednutí nebo lépe udržení vlhkosti vratu nad 1,8 % má stejný vliv jako přírůstek škrobů.

Pozitivní vliv je hlavně na houževnatost směsi – tedy právě na odolnost proti trhání forem. Bohužel se stále můžeme setkat i s vlhkostmi vratu pod 1 %.

Z uvedeného vlivu vlhkosti vratu ale vyplývá, že v případě řešení vad formy nebo odlitků je třeba kromě konečných vlastností formovací směsi sledovat a vyhodnocovat i vlhkost vratu, případně množství vody přidané do mísiče. Jejich výkyvy mohou způsobovat nebo se významně podílet na vzniku vad.

MAXIMÁLNĚ PŘÍPUSTNÉ NAKLOPENÍ FORMY

Jak už bylo uvedeno, tak formovací směs na automatických formovacích linkách vydrží maximální úhel klopení do 30°. V praxi, ale musíme počítat u směsí bez škrobových přísad s hodnotami do 15°. Ze situací na Obr. 2 až 6, při rozměru rámu 800 mm můžeme vypočítat maximální přípustnou výšku překážky h :

$$\tan 0^{\circ}15' = 0,004 \quad h = 0,004 \times 800 = 3,2 \text{ mm}$$

Podmínky na skutečném modelu a ve skutečné formě však mohou být horší než v laboratoři. Například drsnost povrchu modelů, rychlost vytahování, výška namáhané části formy, teplota formovací směsi...

Pravděpodobná nejvyšší přípustná výška překážky při rozměru rámu 800 mm je do 2 mm. Zvláště u deformací omačkáním nebo u obtížně sledovatelné překážky na lisovacím stole je to velmi snadno dosažitelná hodnota.

LITERATURA

- [1] BRÜMMER, G.: Organische Leime als sinnvolle Ergänzung zum Formstoffbinder Bentonit. Giesserei 87 (2000), Nr. 3, str.: 62 - 68.
- [2] MICHENFELDER, M.: Kostenreduzierung durch Ausschussminimierung mittels lückenloser Kontrolle der Formsandqualität. 6. Formstoff-Tage Duisburg 2006